

Министерство здравоохранения Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»

Кафедра биологической химии

Авторы:

О.С. Логвинович, заведующий кафедрой, к.б.н., доцент

А.Н. Коваль, доцент, к.б.н., доцент

А.В. Литвинчук, доцент, к.х.н.

М.В. Громыко, старший преподаватель

Н.С. Мышковец, старший преподаватель

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для проведения лабораторного занятия
по учебной дисциплине «Биологическая химия»
для студентов

2-го курса лечебного факультета,
обучающихся по специальности 7-07-0911-01 «Лечебное дело»

**ТЕМА: БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ-1. ЦИКЛ КРЕБСА.
ПУТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В ОРГАНИЗМЕ**

Время: 3 часа

Утверждены на заседании кафедры биологической химии
(протокол от 29.08.2025 № 10)

Гомель, 2025

1. УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ, МОТИВАЦИЯ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ, ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНОМУ УРОВНЮ ЗНАНИЙ

Биоэнергетика основывается на единственно научной точке зрения, согласно которой к явлениям жизни полностью применимы законы физики и химии, а к превращениям энергии в организме — основные начала термодинамики. Однако сложность и специфичность биологических структур и реализующихся в них процессов обуславливают ряд глубоких различий между биоэнергетикой и энергетикой неорганического мира.

Цель занятия: изучить процессы биологического окисления с позиции термодинамики. Выяснить принципы преобразования и передачи энергии в живых системах, пути и способы образования макроэргических соединений. Воспитать у студентов чувство гордости за избранную профессию и сформировать у них культуру бережного отношения к своему здоровью.

Задачи занятия: закрепить у студентов знания о путях и механизмах получения, депонирования, утилизации и превращения энергии в живых организмах, сформировать у них представления о принципах функционирования окислительно-восстановительных реакций, освоить методику определения концентрации молочной кислоты в плазме крови и оценивать диагностическую значимость этого показателя.

Требования к исходному уровню знаний:

Студент должен знать:

1.1. Современные представления о принципах, путях и механизмах получения, депонирования, утилизации и превращения энергии в живых организмах, значение окислительно-восстановительных реакций.

1.2. Строение макроэргических соединений и их роль в организме, структуру, принципы функционирования и роль центрального метаболического пути клетки - ЦТК.

Студент должен уметь:

1.3 Работать с полуавтоматическим биохимическим анализатором или спектрофотометром.

1.4 Работать с микропипетками.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН

2.1. Элементы химической термодинамики. Первый и второй законы термодинамики. Энергия Гиббса (медицинская физика).

2.2. Суть и механизм окислительно-восстановительных реакций (общая химия).

2.3. Строение коферментов NAD^+ , NADP^+ , FAD , их роль и механизм участия в окислительно-восстановительных реакциях (биоорганическая химия).

2.4. Строение и функции митохондрий (цитология).

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ ЗАНЯТИЯ

3.1. Биоэнергетика: история развития, теории Баха-Энглера и Палладина-Виланда.

3.2. Современные представления о БО. Принципы преобразования и передачи

энергии в живых системах. Окислительно-восстановительные реакции (ОВР), окислительно-восстановительный потенциал.

3.3. Макроэргические соединения, строение и биологическая роль АТФ, причины макроэргичности. АТФ-цикл – пути образования и использования АТФ.

3.4. Субстраты БО. Схема образования субстратов БО из углеводов, липидов и белков. Ферменты, коферменты БО. Витамины РР, В₂. Их строение и роль в энергетическом обмене.

3.5. ЦТК – цикл Кребса как общий конечный пункт утилизации субстратов биологического окисления. Реакции, ферменты, коферменты, регуляция и биологическая роль. Энергетический баланс одного оборота ЦТК.

3.6. Пути утилизации кислорода в организме: митохондриальный, микросомальный и перекисный.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЗАНЯТИЯ

Лабораторная работа №1 «Определение концентрации молочной кислоты в плазме крови энзиматическим колориметрическим методом» выполняются с использованием набора реагентов для определения концентрации молочной кислоты в плазме крови.

5. ХОД ЗАНЯТИЯ

1.1 Введение.

1.2 Теоретическая часть занятия: рассматриваются контрольные вопросы, проводится устный опрос студентов.

5.3. Практическая часть занятия: лабораторная работа №1 «Определение концентрации молочной кислоты в плазме крови энзиматическим колориметрическим методом» выполняется согласно инструкции, теоретическая часть с использованием рабочей тетради по биологической химии.

4.1 Контроль усвоения темы. Письменная работа включает следующие вопросы:

А) Знание реакций, ферментов, коферментов, локализации, регуляции, биологической роли и энергетического баланса ЦТК.

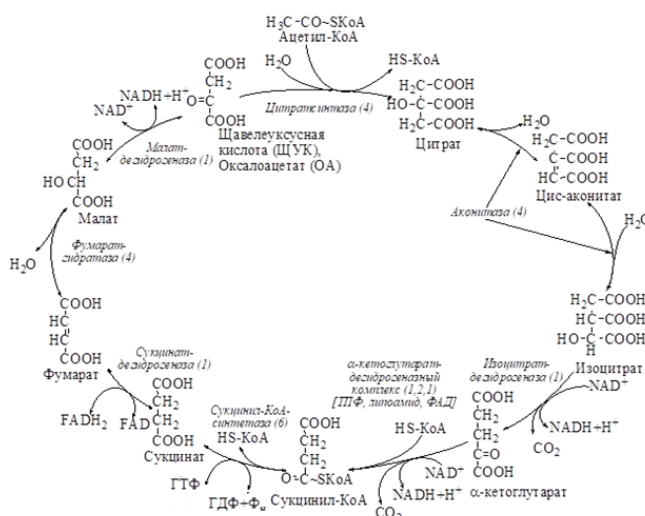


Рисунок 4 — Реакции ЦТК [6]

Б) Знание схемы основных этапов окисления субстратов БО.

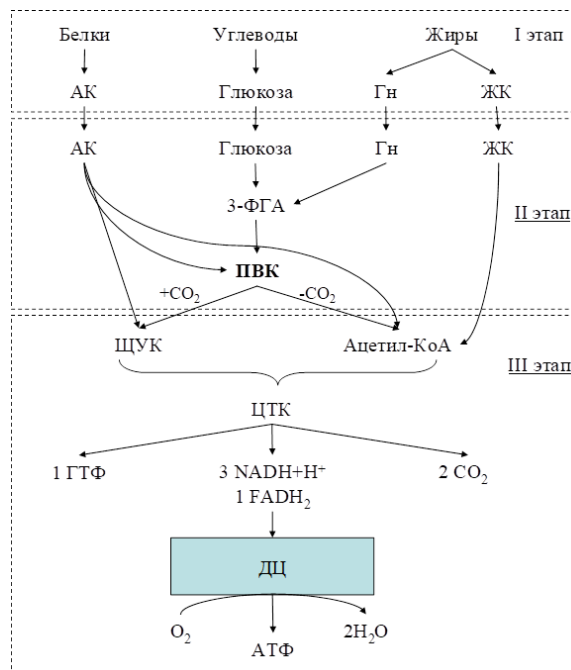


Рисунок 5 — Схема основных этапов окисления субстратов БО

В) Знание схемы АТФ-азного (АТФ/АДФ) цикла и формулы АТФ

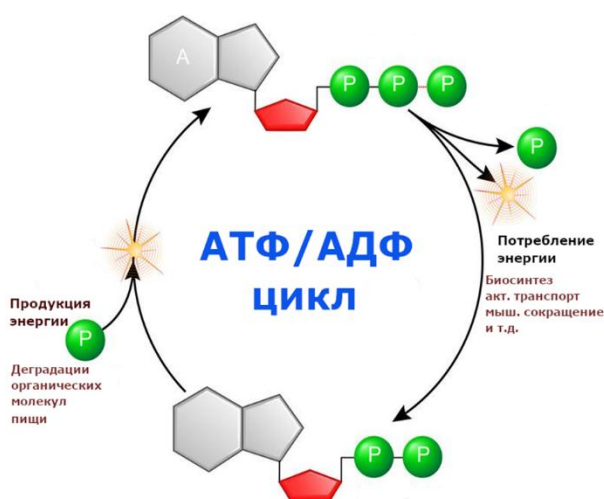


Рисунок 6 — АТФ-азного (АТФ/АДФ) цикла

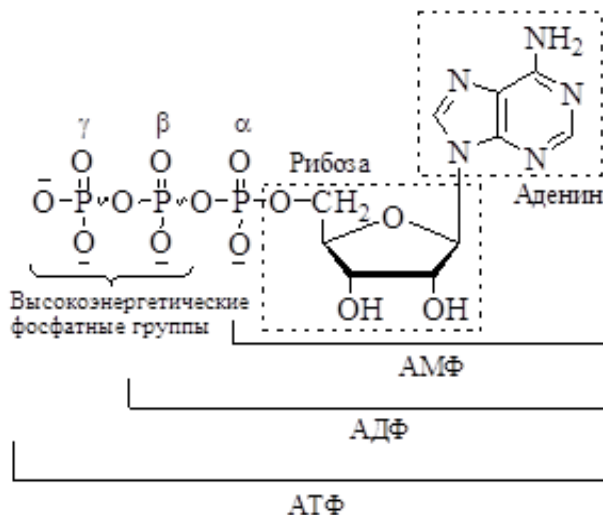


Рисунок 7 – Строение молекулы АТФ

1.3 Заключительная часть занятия. Подведение итогов, проверка протоколов, объявление заданий к очередному занятию.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Самоконтроль знаний по теме «Цикл Кребса. Пути потребления кислорода в организме» осуществляется:

согласно изданию «Биологическая химия: Рабочая тетрадь» (в 2 ч., часть 1) / Громько М. В. [и др.]. – Гомель: ГомГМУ, 2024. – 93 с.

путём компьютерного тестирования с использованием платформы Moodle режим доступа: <https://dl.gsmu.by/course/view.php?id=81> – Дата доступа: 29.08.2025

Для подготовки к компьютерному тестированию нужно использовать учебно-методическое пособие «Сборник тестовых заданий по биологической химии : учеб.-метод. пособие для студентов 2 курса всех фак-тов учреждений высш. мед. образования / И. А. Никитина [и др.]. – Гомель : ГомГМУ, 2023. – 262 с.– Режим доступа: <https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/13804>– Дата доступа: 29.08.2025

7. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биохимия: учебник / под ред. Е.С. Северина. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – стр. 117-138 – Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970433126.html> – Дата доступа: 29.08.2025
2. Биологическая химия : учебник для студ. учрежд. высш. образ. по мед. спец. / под ред. А.Д. Тагановича ; [А.Д. Таганович, Э.И. Олецкий, Н.Ю. Коневалова, В.В. Лелевич]. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2016. – 670, [1] с. 24-36: ил., сх., табл. – Режим доступа: <http://rep.bsmu.by/handle/BSMU/2139> – Дата доступа: 29.08.2025
3. Биохимия (общая, медицинская и фармакологическая) : Курс лекций / Е.Г. Зезеров. – М. : ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2014. – 456с.
4. Биологическая химия: учебник / В.К. Кухта, Т.С. Морозкина, Э.И. Олецкий, А.Д. Таганович; под ред. А.Д.Тагановича. – Минск: Асар, М.: Издательство БИНОМ, 2008. – 688 с. – Режим доступа: https://kingmed.info/knigi/Biohimia/book_1866/Biologicheskaya_himiya-Kuhta_VK_Morozkina_TS_Taganovich_AD-2008-pdf - Дата доступа: 29.08.2025
5. Нельсон Д. Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. Т. 1 : Основы биохимии. Строение и катализ / Д. Нельсон, М. Кокс ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 448 с.
6. Схемы и реакции основных метаболических путей : учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высш. образования, обуча-ющихся по специальностям 1-79 01 01 "Лечеб. дело", 1-79 01 04 "Мед.-диагност. дело" / М-во здравоохранения РБ, УО "ГомГМУ", Каф. общей, биоорганической и биологической химии ; А.И. Грицук [и др.]. – Гомель: ГомГМУ, 2018. – 127 с. – Рек. УМО по высш. мед., фармацевт. образованию. Стр. 23-26. – Режим доступа: <http://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/9190> – Дата доступа: 29.08.2025
7. Фармацевтическая биохимия : учеб. пособие / А.Д. Таганович, Е.А. Девина, Э.И. Олецкий ; под общ. ред. А.Д. Тагановича. – Минск : Новое знание, 2019. – 663с.
8. Сборник тестовых заданий по биологической химии. В 2 ч. Ч.1: учеб.-метод. пособие для самостоятельной работы студентов 2 курса всех фак. мед. вузов / М-во здравоохранения РБ, УО "ГомГМУ", Каф. общей, биоорганической и биологической химии; А. И. Грицук [и др.]. – Гомель: ГомГМУ, 2019. – стр. 6-13. – Режим доступа: <https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/3658> – Дата доступа: 29.08.2025
9. Потапова, Т. В. Мембранная биоэнергетика и разделение труда в системах электрически связанных клеток / Т. В. Потапова // Цитология. – 2021. – Т. 63. – № 1. – С. 30-42. – DOI 10.31857/S0041377121010089. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44523577> – Дата доступа: 29.08.2025

10. Коваленя, Т. А. Структурные и функциональные особенности митохондрий сердца, коррекция митохондриальных нарушений / Т. А. Коваленя // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 5. Экономика. Социология. Биология. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 140-151. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46248626> – Дата доступа: 29.08.2025
11. Звягина, В. И. Карнитина хлорид снижает степень выраженности экспериментальной гипергомоцистеинемии и способствует утилизации лактата митохондриальной фракцией эпидидимиса крыс / В. И. Звягина, Э. С. Бельских // Биомедицинская химия. – 2021. – Т. 67. – № 4. – С. 338-346. – DOI 10.18097/PBMC20216704338. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46444090> – Дата доступа: 29.08.2025
12. Ингибиторы натрий-глюкозного транспортера 2-го типа и новые возможности управления сосудистым возрастом у больных сахарным диабетом 2-го типа / Ю. Ш. Халимов, Ю. Е. Рубцов, В. В. Салухов, П. В. Агафонов // Медицинский совет. – 2021. – № 12. – С. 228-236. – DOI 10.21518/2079-701X-2021-12-228-236. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46557623> – Дата доступа: 29.08.2025
13. Дзугкоев, С. Г. Патогенетическое обоснование применения ингибитора 3-гидрокси-3-метилглутарил-коэнзим а редуктазы и антиоксиданта коэнзима Q10 в лечении и профилактике сердечно-сосудистой патологии / С. Г. Дзугкоев, О. Ю. Гармаш, Ф. С. Дзугкоева // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – Т. 20. – № 6. – С. 127-133. – DOI 10.15829/1728-8800-2021-2793. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46668103> – Дата доступа: 29.08.2025
14. Юрьева, Э. А. Стресс. Адаптационный синдром. Участие в патогенезе болезней у детей / Э. А. Юрьева, Е. С. Воздвиженская, Е. И. Шабельникова // Практика педиатра. – 2020. – № 1. – С. 14-21. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42416276> – Дата доступа: 29.08.2025
15. Третьякова, О. С. Биоэнергетика миокарда в условиях гипоксии: возрастные аспекты / О. С. Третьякова, И. В. Заднипрный // Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал). – 2020. – Т. 4. – № 1. – С. 52-62. – DOI 10.17116/operhirurg2020401152. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42807495> – Дата доступа: 29.08.2025
16. Батыршин, И. И. Биоэнергетика раковой клетки / И. И. Батыршин, А. Р. Кулиева // Международный студенческий научный вестник. – 2020. – № 2. – С. 26. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42851946> – Дата доступа: 29.08.2025
17. Очиллов, К. Р. Влияние ионов кадмия и кобальта на дыхание митохондрий печени крыс / К. Р. Очиллов // Новый день в медицине. – 2020. – № 2(30). – С. 710-712. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43138167> – Дата доступа: 29.08.2025
18. Птушенко, В. В. Электрические кабели клеток. II. бактериальные электронные проводники / В. В. Птушенко // Биохимия. – 2020. – Т. 85. – № 8. – С. 1120-1132. – DOI 10.31857/S0320972520080114. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43784576> – Дата доступа: 29.08.2025
19. Особенности течения восстановительного периода гипоксического поражения центральной нервной системы у детей первого года жизни с

врожденными пороками сердца / В. А. Желев, А. С. Погудина, Е. В. Михалев [и др.] // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2020. – Т. 35. – № 3. – С. 53-58. – DOI 10.29001/2073-8552-2020-35-3-53-58. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44062388> – Дата доступа: 29.08.2025

20. Мельников, Д. В. Обоснование методики дифференцированной физической подготовки девочек 9-10 лет на основе учета особенностей биоэнергетики мышечной деятельности / Д. В. Мельников, И. А. Криволапчук // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 9(187). – С. 240-247. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2020.9.p240-248. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44124526> – Дата доступа: 29.08.2025

21. Льюис, К. На пересечении биоэнергетики и открытия антибиотиков / К. Льюис // Биохимия. – 2020. – Т. 85. – № 12. – С. 1732-1749. – DOI 10.31857/S0320972520120015. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44362899> – Дата доступа: 29.08.2025

22. Нефосфорилирующее окисление в митохондриях и сопряженные с ним процессы / Д. Б. Зоров, Н. В. Андрианова, В. А. Бабенко [и др.] // Биохимия. – 2020. – Т. 85. – № 12. – С. 1849-1857. – DOI 10.31857/S032097252012009X. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44362907> – Дата доступа: 29.08.2025

23. От метаболизма к иммунитету: АФК и другие сигналы / А. Ю. Андреев, Ю. Е. Кушнарева, Н. Н. Старкова, А. А. Старков // Биохимия. – 2020. – Т. 85. – № 12. – С. 1939-1960. – DOI 10.31857/S0320972520120167. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44362914> – Дата доступа: 29.08.2025

24. Зайцев, А. Г. Научные основы физической подготовки военнослужащих ВМФ / А. Г. Зайцев, П. А. Сошкин, Д. С. Забродский // Морская медицина. – 2020. – Т. 6. – № 4. – С. 7-18. – DOI 10.22328/2413-5747-2020-6-4-7-18. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44515035> – Дата доступа: 29.08.2025

25. Оценка биоэнергетики сокращения миокарда в условиях механической поддержки кровообращения / Г. П. Иткин, А. С. Бучнев, А. П. Кулешов, А. И. Сырбу // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2019. – Т. 21. – № 1. – С. 71-76. – DOI 10.15825/1995-1191-2019-1-71-76. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38579380> – Дата доступа: 29.08.2025

26. Применение второго закона термодинамики в оценке эффективности БАД / Н. С. Родионова, А. Б. Вишняков, Е. С. Попов [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81. – № 4(82). – С. 138-146. – DOI 10.20914/2310-1202-2019-4-138-146. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42504572> – Дата доступа: 29.08.2025

27. Возрастные особенности метаболизма и клеточного энергообмена у женщин / Л. А. Пестряева, Т. Б. Третьякова, Е. Г. Дерябина [и др.] // РМЖ. – 2018. – Т. 26. – № 5-1. – С. 16-18. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35663854> – Дата доступа: 29.08.2025

28. Реутов, В. П. Эволюция, рекапитуляция и диссолюция. Новая концепция: обратимый переход от кислородного дыхания к дыханию нитратно-нитритному как возврат к более древним формам функциональных отношений при старении и развитии патологических состояний / В. П. Реутов // Евразийское Научное Объединение. – 2017. – Т. 1. – № 7(29). – С. 33-41. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29816942> – Дата доступа: 29.08.2025

29. Функциональная значимость митохондриального мембранного потенциала / Л. Д. Зорова, В. А. Попков, Е. Ю. Плотников [и др.] // Биологические мембраны. – 2017. – Т. 34. – № 6. – С. 93-100. – DOI 10.7868/S0233475517060020. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30482938> – Дата доступа: 29.08.2025

30. YouTube-канал «Рисуем Биохимию» Золотая схема БО. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=WxHKJf0pUVc&list=PLffmkE1fkqBPyPX9hbJtDLY60wDHFdbMb&index=1&t=7s> – Дата доступа: 29.08.2025

31. YouTube-канал «Рисуем Биохимию» Дыхательная цепь митохондрий. Строение. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=dY437pmb8zA&list=PLffmkE1fkqBPyPX9hbJtDLY60wDHFdbMb&index=2> – Дата доступа: 29.08.2025

32. YouTube-канал «Рисуем Биохимию» Дыхательная цепь митохондрий. Яды и блоки. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=NkOncxYj2LQ&list=PLffmkE1fkqBPyPX9hbJtDLY60wDHFdbMb&index=3> – Дата доступа: 29.08.2025